1907

Über den Nachweis von Russ in der Luft.

Habilitationsschrift

einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Dr. H. Liefmann.

Halle a. S.
Hofbuchdruckerei von C. A. Kaemmerer & Co.
1907.

Über den Nachweis von Russ in der Luft.

Habilitationsschrift

einer

hohen medizinischen Fakultät

der

Vereinigten Friedrichs-Universität Halle-Wittenberg

vorgelegt von

Dr. H. Liefmann.

Halle a. S.
Hofbuchdruckerei von C. A. Kaemmerer & Co.
1907.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA40153712_0244

Ein Nachweis der festen Bestandteile des Rauches in der Luft unserer Städte kann von doppeltem Werte sein. Zunächst kann es sich darum handeln, den diffus in der Luft verteilten Russ zu messen und aus seiner Menge zu schliessen, welcher Anteil an der Lichtverarmung unserer Atmosphäre, an Wolken- und Nebelbildung ihm zugeschrieben werden muss. Auf der anderen Seite wird es sich darum handeln bei lokaler Rauchbelästigung, d. h. dann, wenn eine Wohnung durch einen benachbarten Schornstein grössere Rauchmengen zugeführt bekommt, durch eine Bestimmung des Russes einen Massstab zu erhalten für den angerichteten Schaden. Besonders die Lösung dieser zweiten Aufgabe würde einen praktischen Fortschritt bei der Bekämpfung der Rauch- und Russplage bedeuten, da bislang die Beurteilung lokaler Rauchbelästigungen einer objektiven Grundlage entbehrte, und man auf Grund allgemeiner Erfahrungen und subjektiven Empfindens entscheiden musste. Dass man bislang noch keine Russnachweismethode praktisch verwertet hat, liegt einerseits wohl daran, dass sich für derartige Untersuchungen kein sehr weitgehendes Interesse zeigte, dann aber auch an einigen Schwierigkeiten, die solchem Vorhaben gegenüberstehen.

Diese bestehen zunächst darin, dass der Russ in der Luft höchst ungleichmässig verteilt ist. Man muss annehmen, dass der Russgehalt in den höheren Luftschichten allmählich geringer wird, doch weiss man nicht, in welchem Grade dies der Fall ist, und wie hoch die feinsten Teilchen sich zu erheben pflegen. Gleich grosse Schwierigkeiten verursacht der Umstand, dass der Russgehalt der Luft zeitlich die grössten Schwankungen aufweist. Hierbei kommt in Betracht, dass die Bildung des Rauches (wenigstens in unserem Klima) nach

den Jahreszeiten nicht nur, sondern auch nach Tages- und Nachtstunden die grössten Unterschiede zeigt. Sodann ist der Russ, sobald er sich in der Atmosphäre befindet, von einer grossen Reihe meteorologischer Einflüsse abhängig, die in ihrer Wirksamkeit sich gegenseitig beeinflussen und nur schwer abzuschätzen sind. Schliesslich ist seine ungleichmässige örtliche Verteilung auch in horizontaler Richtung von Belang. Das Innere einer Stadt wird mehr diffus verteilten Russ aufweisen, als manche Aussenquartiere. Eine vierte Reihe von Hindernissen liegt in der Natur des Russes begründet, seine enorme Leichtigkeit, seine Unlöslichkeit erschweren einen Nachweis mit den gewöhnlichen Methoden, umsomehr als sich nur sehr geringfügige Gewichtsmengen in der Luft vorfinden, und auch diese noch vermengt sind mit anderen Staubteilen, die sich so gut wie garnicht vom Russe trennen lassen.

Wenn alle diese Schwierigkeiten möglichst umgangen werden sollen, so muss man, bevor man an die Ausarbeitung eines Verfahrens, die Russplage in einer Stadt zu bestimmen, geht, 3 Fragen beantworten:

1. In welcher Weise fängt man den Russ am zweckmässigsten auf,
2. an welchem Ort soll dies geschehen,
3. wie bestimmt man den Russ am besten aus den gewonnenen Proben.

Bevor wir an die Beantwortung dieser Fragen gehen, wollen wir uns kurz orientieren, in welcher Weise man früher eine Rauchplage zu bestimmen versucht hat.

Das naheliegendste Verfahren, das auch wohl zuerst angewendet wurde, bestand darin, dass man statistisch festzustellen suchte, wieviel Russ überhaupt in einer Stadt gebildet wird. Man ging davon aus, dass in einer bestimmten Stadt vorwiegend eine gewisse Kohlensorte verbrannt wird, da ihre Benützung sich am ökonomischsten stellt Man berechnete nun, wieviel Verbrennungsprodukte, insbesondere wieviel Russ ein kg. dieser Kohlensorte bei normaler Ver-

brennung liefert. Indem man dann den Kohlenverbrauch in der ganzen Stadt berücksichtigte, kam man zu einem Resultat, das über die Menge des gesamten gebildeten Russes Aufschluss gab. Dieses Verfahren ist aber zunächst nicht überall anwendbar, am allerwenigsten in grossen Hafenstädten. Ich hatte mir grosse Mühe gegeben, den Kohlenverbrauch in Hamburg zu berechnen. Man findet in der Statistik des hamburgischen Staates auch Angaben über die Kohlen-Aus- und Einfuhr. Die letztere betrug 1900 ca. 30 Millionen Doppelzentner Stein- und Braun-Kohlen (im Werte von etwa 35 Millionen Mark). Demgegenüber steht eine Ausfuhr von ca. 8 Millionen D.-Ztr. (im Werte von 15867300 Mark). Die Differenz zwischen Einfuhr und Ausfuhr giebt nun aber nicht das richtige Mass des Kohlenverbrauches in Hamburg an, da unter Export (zur See) nur die Kohlenmenge verstanden wird, die von besonderen Kohlenschiffen verladen wird. Wieviel Kohlen die anderen Dampfer einnehmen, wieviel davon noch im Hamburger Hafen, und wieviel auf hoher See verbrannt wird, entzieht sich jeder Berechnung. Sodann haftet einer solchen Berechnung des Russgehaltes der Luft noch ein anderer Fehler an, der darin besteht, dass durchaus nicht die gesamte bei einer Verbrennung sich bildende Russmenge in die atmosphärische Luft übertritt. Ein grosser Teil wird an den Wänden des Verbrennungsapparates, in den Rauchzügen und Schornsteinen zurückgehalten. In jeder grösseren Stadt ist ja eine ganze Zunft, eine grössere Anzahl von Menschen allein damit beschäftigt, diesen Teil der Russproduktion zu beseitigen. Wenn man allein aus dem Kohleverbrauch auf den Russgehalt der Luft schliesst, wird man daher leicht viel zu hohe Werte finden.

Man könnte nun daran denken, diesen Fehler dadurch zu vermeiden, dass man nicht die gebildete Russmenge zu berechnen versucht, sondern den aus der Mündung der Schornsteine austretenden Teil misst.

Eine Anzahl derartiger Versuche sind auch von mir angestellt worden. Ich hatte über einer Reihe von Kaminen

grosse Glasschalen angebracht, die den entströmenden Russ sammelten. Für eine erfolgreiche Benützung dieser Methode hätte ich aber noch einer Anzahl von Daten benötigt, die unmöglich zu erhalten waren. Man müsste nicht nur die Zahl aller Schornsteine kennen, die sich in einer Stadt befinden,[1]) sondern auch wissen, wie lange Zeit durchschnittlich ein Hauskamin resp. ein Fabrikschornstein raucht, und sodann, wie gross im Durchschnitt seine Mündung ist, da die Menge des entströmenden Russes natürlich zu der Weite des Schornsteines in einem bestimmten Verhältnis steht.

Bei der Unmöglichkeit, alle diese Durchschnittswerte zu bekommen, ergab sich daher die Undurchführbarkeit auch dieser Methode.

Es bleibt also nichts anderes übrig, als den Russ dann zu bestimmen, wenn er sich bereits in der Atmosphäre verteilt hat. Er verhält sich dann wie jeder andere Staubbestandteil der Luft, die Dauer seines Schwebens ist von seiner Schwere abhängig, und eine grosse Anzahl metereologischer Faktoren wirken auf ihn ein. Die Flugbahn der Russteilchen muss demnach eine wesentlich verschiedene sein, die leichtesten Teilchen vermögen lange Zeit schwebend zu bleiben, während die schwersten bald zu Boden sinken. Starke Luftbewegungen hemmen den Vorgang der Sedimentierung und ermöglichen eine Verbreitung über weite Entfernungen.

Niederschläge befördern die Sedimentierung, indem sie die Russteilchen mit sich herniederreissen. Die Verteilung von einer Quelle aus wird nun bei gleich bleibender Windrichtung, schematisch gedacht, etwa die Form eines Kreissektors haben, bei wechselnder Windrichtung ist die Schadenfläche eine Ellipse, in deren einem Brennpunkt die Rauchquelle liegt.

In einer Grossstadt haben wir es nun mit einer grossen Menge von Rauchquellen zu tun, deren Schadenfläche sich teilweise deckt, und in der Luft entsteht eine diffuse mehr oder weniger gleichmässige Verunreinigung der Atmosphäre,

1) Das ist in einer grossen Stadt kaum möglich.

kurz das Bild, das man als diffuse Rauchplage bezeichnen muss.

Wie soll man in einem solchen Gebiet den Russgehalt bestimmen, der mit der Höhe immer mehr abnimmt, der in den Aussenquartieren einer Stadt durchschnittlich geringfügiger ist als im Centrum, der zu verschiedenen Zeiten wechselt, und von meteorologischen Einflüssen stark beeinflusst wird?

I. Aspiration.

Man ist zunächst in der gleichen Art und Weise vorgegangen, in der man sonst irgend einen Staubbestandteil der Atmosphäre, z. B. die Luftbakterien, quantitativ zu bestimmen sucht. Man hat eine bestimmte Luftmenge aspiriert, den Russ dabei durch ein Filter abgefangen und zu bestimmen gesucht. Auf diese Weise hat Mabery in Cleveland die Luft auf ihren Russgehalt untersucht. Er kam zu dem Resultat, dass sie in einem C.-M. 0,00154—0,03391 mgr. Russ enthielt. In welcher Höhe, und an was für einem Ort diese Mengen gefunden werden, ist mir leider nicht bekannt.

Die Methode, ein bestimmtes Luftquantum anzusaugen, und den Russ aus ihr abzufangen, bietet nun eine Reihe erheblicher Schwierigkeiten. Schon das erwähnte Beispiel aus Cleveland, dass als grosse Fabrikstadt wohl kaum einen besonders niederen Russgehalt seiner Atmosphäre aufweist, zeigt, dass die in einem C.-M. Luft enthaltene Russmenge wenigstens dem Gewichte nach meist eine äusserst geringfügige ist. Es ist aber nicht leicht möglich, ohne grösseren maschinellen Betrieb in kurzer Zeit mehr wie 1 C.-M. Luft anzusaugen. Und wenn grössere Apparate zur Verfügung stehen, sieht man sich infolge ihrer Unhandlichkeit gezwungen, die Untersuchungen nur an einem Punkte vorzunehmen. Dies hat natürlich seine grossen Nachteile, wenn dieser Punkt nicht günstig gelegen ist, ganz besonders wenn grosse Rauchquellen in seiner Nähe den Russgehalt der Luft über das durchschnittliche Mass steigern.

In jüngster Zeit hat Rubner in sehr sinnreicher Weise von dem Verfahren der Aspiration Gebrauch gemacht. Er saugt ein grösseres Luftquantum, etwa 6—8 C.-M. an (wozu freilich eine längere Zeit erforderlich ist), und fängt den Russ und die übrigen festen Staubbestandteile durch ein Papierfilter ab. Auch ich hatte 1904 im Hamburger Hygienischen Institut zahlreiche Versuche angestellt, ein derartiges Aspirations-Verfahren praktisch zu verwenden. Ich musste mich aber schliesslich einer anderen Methode zuwenden, da ich mich nicht an eine Stelle binden, sondern meine Untersuchungen an verschiedenen Punkten der Stadt vornehmen wollte, wo mir die nötigen Apparate nicht immer zur Verfügung standen.

Das einzige Verfahren, das mir noch übrig blieb, und das schon vielfach zu den verschiedensten Untersuchungen der Luft verwendet worden ist, war das der Sedimentierung.

II. Sedimentierung.

Wenn es nicht richtig ist, den Russ zu berechnen, der sich in den Feuerungen bildet, wenn es nicht immer angeht, ihn zu messen, sowohl wenn er die Mündung der Schornsteine verlässt, als auch dann, wenn er diffus verteilt in der Luft schwebt, bleibt nur die eine Möglichkeit übrig, ihn zu bestimmen, wenn er sich aus der Luft wieder niederschlägt. Ein solches Vorgehen bezeichnet man als Sedimentierverfahren. Man kann dabei eine passive und eine aktive Sedimentierung unterscheiden, je nachdem man den von selber niedersinkenden Russ bestimmt, oder ihn auffängt, wenn er durch Niederschläge zu Boden gerissen wird.

Inwieweit bietet das Sedimentierverfahren für unsere Zwecke Vorteile?

Wenn man ein gewisses Luftquantum in bestimmter Höhe über dem Erdboden aspiriert, und die darin enthaltene Russmenge bestimmt, erhält man nur eine Zahl für den in einer ganz bestimmten Höhe vorhanden gewesenen Russ.

Einen ganz anderen Wert liefert das Sedimentierverfahren, Die Russteilchen, die sich an einem Punkte absetzen, stammen aus verschiedenen Höhen und liefern in ihrer Gesamtheit einen Wert für die ganze Russ-Menge, die sich in der Atmosphäre befand. Der Russ, der sich von selbst an einem bestimmten Punkte niederschlägt, stammt aber nicht allein aus der Luftsäule, die sich über dem betreffenden Punkte erhebt, sondern alle Russteile, die sich absetzen, haben einen grösseren oder kleineren Weg durch die Luft zurückgelegt, und zwar stammen die schwereren aus grösserer Nähe, während die leichteren von weiter her kommen. Es giebt uns daher das aktive Sedimentierverfahren auch nicht an, wie gross die Russmenge ist. die sich senkrecht über einem Punkte befindet, aber bei einer längeren Versuchsreihe kommt man doch zu einem guten Durchschnittswerte für die Russmenge, die innerhalb einer bestimmten Zeit die ganze Atmosphäre erfüllt hat, dem Lauf der Lichtstrahlen in den Weg getreten ist, und eventl. zu Nebel- und Wolkenbildung Veranlassung gab.

Scheinbar das beste Resultat müsste das passive Sedimentierverfahren liefern, das den durch Niederschläge ausgefällten Russ zu bestimmen sucht. Es gründet sich auf die Tatsache, dass ein einigermassen reichlicher Regen oder Schnee imstande ist, die Luft von fast allen Staubbestandteilen zu säubern. Ich habe selbst vor ungefähr 3 Jahren Gelegenheit gehabt, diese Tatsache, die öfters bezweifelt wird, an einem anderen Staubbestandteil unserer Atmosphäre zu beobachten. Da nun die Niederschläge fast stets eine vertikale oder annähernd vertikale Richtung haben, wird also tatsächlich auf diesem Wege die Russmenge gewonnen, die über einer gewissen Fläche in der Luft verteilt schwebt. Es ist aber von vornherein ersichtlich, dass dieses Verfahren deshalb kaum praktisch Anwendung zu finden vermag, weil die Niederschläge zu unregelmässig eintreten. Auch das erschwert ein solches Verfahren, dass man genau im Beginn des Regens die auffangenden Schalen exponieren müsste, da

man sonst Fehler nach der einen oder anderen Seite hin nicht ausschliessen kann. Diese Umstände machen eine praktische Anwendung dieses Verfahrens nicht ratsam.

So bleibt nichts anderes übrig, als sich mit dem aktiven Sedimentierungsprozess zu behelfen. Die Methode wird also die sein, dass man im Freien auffangende Instrumente aussetzt, und über eine gewisse Zeit hin den von selbst sich niederschlagenden Russ sammelt und bestimmt. Das was man möglichst zu vermeiden suchen muss, sind Niederschläge, da sie wie wir sahen, durch ihre plötzliche Ausfällung aller Staubteilchen die Lage verändern. Auf diese Weise gewinnt man ein Mass, nicht etwa der in einem Moment über einer gewissen Fläche in der Atmosphäre schwebenden Russmenge, sondern, indem man die Untersuchung längere Zeit hindurch fortführt, der Russquantität, die in jener ganzen Zeit die Atmosphäre passiert hat.

Eine Anzahl von Untersuchern hat sich bereits der Methode der Sedimentierung der Russteilchen bedient, um die Rauchplage zu studieren.

Namentlich englische Forscher haben diese Verfahren angewendet und den Russ sich selber niedersetzen lassen oder seine Ausfällung durch Regen und Schnee benützt, oder endlich in wohl nicht zweckmässiger Weise beide Methoden combiniert. In der Litteratur sind eine Reihe von Angaben darüber zerstreut. Der bereits erwähnte Mabery fand in Cleveland im Liter Schneeschmelzwasser 0,0418—0,1113 gr. Russ,[1]) in Manchester sollen sich in 3 Tagen 660 Kilo Russ auf eine englische Meile abgesetzt haben.[2]) Auch über die Menge von Rauchgasen, die man im Schneeschmelzwasser fand, existieren Angaben.

---

1) Mit dieser Zahl ist nicht viel anzufangen, da nicht gesagt ist, wie lange dieser Schnee im Freien gelegen hat.

2) Auch Heim, dessen interessante Methode des Russnachweises später noch genauer besprochen werden muss, hat sich der aktiven Sedimentierung bedient.

Die Sammlung der Proben.

Nachdem wir festgestellt haben, dass das selbständige Niedersinken der Russteile, nachdem sie ihren Weg durch die Atmosphäre zurückgelegt haben, die relativ beste Möglichkeit gewährt, ihre Quantität zu messen, und in ein Verhältnis zu dem durch sie bewirkten Lichtverlust zu bringen, erhebt sich die Frage, auf welche Weisse man den Russ am besten auffängt und sammelt. Damit zusammen hängt die weitere Frage, wo die Sammlung am zweckmässigsten stattzufinden habe, damit die Ergebnisse der Untersuchung ein möglichst treffendes Bild der an einem Orte zu findenden Russmengen geben.

Von allen Methoden, die man bei der Untersuchung der Luft auf Staubbestandteile angewendet hat, sind die Sedimentierverfahren verhältnismässig am wenigsten ausgearbeitet und verfeinert worden. Wohl hat Miquel in seinem Buche über „die lebenden Mikroorganismen der Atmosphäre“ eine Reihe sehr sinnreicher Apparate beschrieben, mit denen er die Keime auffing und ihre Zahl zu verschiedenen Tageszeiten registrieren konnte. Aber für unsere Zwecke sind diese Apparate nicht brauchbar. Heim hat die Sammlung der Russproben einfach in der Weise vorgenommen, dass er flache Schalen aussetzte, die mit etwas leicht carbolisiertem Wasser angefüllt waren. Der Russ, der sich in diesen Schalen absetzte, wurde dann mit dem Wasser bis zur endgültigen Untersuchung in gewöhnlichen verschlossenen Flaschen aufbewahrt.

Ein so einfaches Verfahren ist aber kaum imstande, einige Fehlerquellen zu vermeiden, die durch meteorologische Einflüsse und zwar durch den Wind verursacht werden. Diese Gefahr besteht nicht etwa darin, dass ein starker Wind auf dem Wasser schwimmenden Russ wieder mit sich fortträgt — auch das kann ja vorkommen, ist aber wegen seiner Seltenheit ziemlich belanglos —, sondern in der Tatsache, dass die Bewegung der Luft dem Russe eine von der Vertikalen mehr oder weniger abweichende Flugrichtung verleiht, und dann die horizontal ausgestellten Schalen nicht mehr imstande sind,

die ihnen adaequate Russmenge aufzufangen. Die Menge nämlich, die eine horizontal exponierte Schale auffängt, hängt wesentlich von der Flugrichtung ab, und die Flugrichtung wird ja von der Bewegung der Luft bestimmt. Einige Zeichnungen veranschaulichen diese Tatsache leicht.

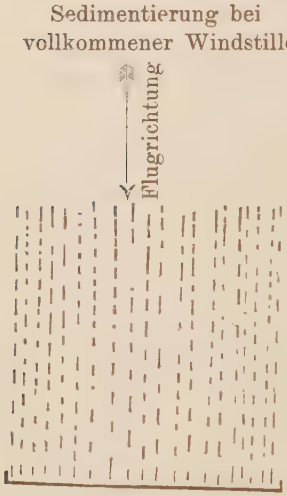


Fig. 1. Schale (S.)

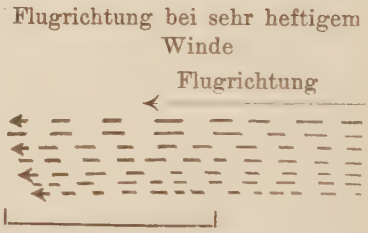


Fig. 2. Schale (S.)

Bei vertikal zur Erde gerichtetem Fluge der Russteile (Fig. 1) wird die Schale S. genau soviel auffangen als ihrem Flächeninhalt entspricht. Ist hingegen die Flugrichtung vollkommen horizontal (Fig. 2), so wird sie garnichts auffangen. Man kann schon hieraus schliessen, dass bei einer Flugrichtung von 45° auf der horizontalen Schale nur ein Teil der ihr zukommenden Russmenge zum Absitzen gelangen wird.

In der Tat lässt sich dies leicht dadurch beweisen, dass tatsächlich die auffangende Fläche dann gleich der Projektion der betreffenden Schale auf eine um 45° geneigte Ebene ist. Ich könnte, wie Fig. 3 zeigt, die Schale S. bei einer um 45° geneigten Flugrichtung ersetzen durch die Schale S_1, diese ist aber bedeutend kleiner als S.

Da nun die Flugrichtung des Russes infolge seiner überaus grossen Leichtigkeit von jeder Luftbewegung in hohem Grade beeinflusst wird, sind horizontal ausgesetzte Schalen zumeist nicht imstande, eine ihrer Grösse entsprechende Russmenge zu sammeln. Nur bei vollkommener Windstille, die doch relativ selten ist, erfüllen sie ihre Aufgabe; je stärker die Luftbewegung ist, desto weniger Russ sammeln sie.

Dass diese theoretischen Erwägungen tatsächlich zutreffen, ergeben aufs Deutlichste mehrere Versuche, die ich in Hamburg anstellte.

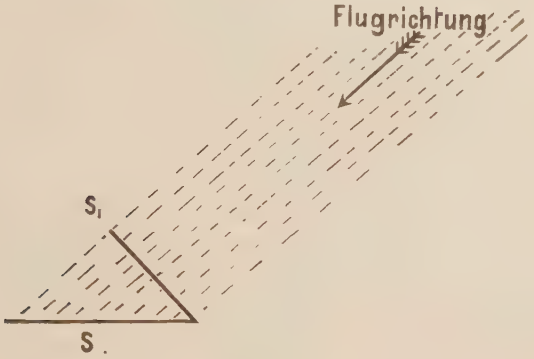


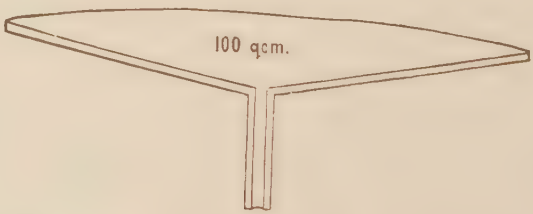
Fig. 3.

Bei einigermassen lebhaftem Winde konnte ich in der gleichen Zeit auf vertikalen Schalen 3—4 mal soviel Russ auffangen, als auf gleich grossen horizontalen.

Es ist nun leicht, aber immerhin nur mit einer gewissen Complizierung der Untersuchungsmethode möglich, die Fehler, die durch die stets wechselnde Flugrichtung der Russteile entstehen, auszugleichen. Man braucht nur gleichzeitig eine horizontale und eine vertikale Schale auszusetzen, und muss dafür Sorge tragen, dass die letztere stets dem Winde genau entgegengesetzt gerichtet ist. Dies kann mittelst einer Wetterfahne leicht geschehen. Man kommt dadurch zu einer Versuchsanordnung, wie sie in freilich etwas anderer Form zuerst von C. H. Blackley bei Untersuchungen über den Gehalt der Luft an Gräserpollen angewendet wurde. Der Erfolg

einer Aussetzung von 2 gleich grossen Schalen, einer wagrechten und einer drehbaren lotrechten hat nun zur Folge, dass man — woher der Wind auch wehen, und wie die Russteilchen auch fliegen mögen — stets etwa ebensoviel Russ auffängt als eine einzige wagrechte Schale bei vollkommener Windstille liefern würde. Dies rührt, wie man leicht aus den obigen Zeichnungen ersehen kann, daher, dass jede Schale soviel Russ[1]) auffängt, als der anderen entgeht. Bei Windstille wird die vertikale Schale, bei wagrechter Flugrichtung die horizontale nichts auffangen, und bei den Mittelwerten werden sich beide ergänzen.

Was nun die Art und Weise betrifft, wie man den Russ auf den auffangenden Flächen fixiert, so wird durch die Notwendigkeit, eine vertikale Fläche auszusetzen, jede grössere



Flüssigkeitsmenge, also z. B. eine Wasserschicht, wie sie Heim verwandte, von selbst unmöglich.

Man muss eine klebende Substanz anwenden, und bei ihrer Auswahl kommt es darauf an, wie man den Russ später weiter verarbeitet. Für meine Zwecke erwies sich, aus später zu besprechenden Gründen, eine feine Oelschicht am geeignetsten.

Die Beschaffenheit der Auffangfläche wird ebenfalls im wesentlichen durch die Art und Weise bestimmt, wie nachher der Russnachweis ausgeführt wird; als praktisch erwiesen sich mir ganz flache Trichter, wie sie die nebenstehende Zeichnung im Durchschnitt veranschaulicht,

---

1) Es ist leicht zu berechnen, um wieviel zu hohe Werte diese Methode liefert, und diese Zahl bei der Bestimmung einzusetzen.

deren Grösse so bemessen war, dass die von dem oberen Rand umsäumte Oeffnung eine Kreisfläche von 100 qcm darstellte. Je grössere Schalen verwendet werden, desto vorteilhafter ist es, da dadurch etwaige Versuchsfehler kleiner werden, einmal weil Zufälle, die bei der Sedimentierung vorkommen, sich ausgleichen, und dann, weil die gesammelte Russmenge grösser ist und daher leichter bestimmt werden kann

Aber praktische Umstände geben die Veranlassung, die Grösse der Schalen in gewissen Grenzen zu halten, und so musste ich mich auch mit der Exponierung von 2 Schalen mit je 100 qcm Auffangsfläche begnügen.

Ort der Sammlung.

Am allerschwersten ist bei der Sammlung der Russproben sicherlich die Frage zu beantworten, wo man in einem so grossen Bezirk, wie ihn eine moderne Grossstadt darstellt, die Russproben am besten sammelt. Die Schwierigkeiten liegen vor allem darin begründet, dass die Verteilung des Russes in einer Stadt keine gleichmässige ist, sondern dass neben der diffussen Luftverderbnis, die zu bestimmen unsere erste Aufgabe ist, an einzelnen Punkten lokale Rauchbelästigungen vorkommen. Solche können schliesslich in der Nähe jedes rauchenden Schornsteines bestehen. Für die Beurteilung der gesammten Stadtatmosphäre haben sie aber zunächst keine Bedeutung. Darum ist es bei der Bestimmung der diffusen Rauchplage unsere erste Pflicht, uns von jeder lokalen Rauchbelästigung, d. h. von der allzu grossen Nähe rauchender Schornsteine, möglichst entfernt zu halten.

Oftmals hat man allerdings diese Regel nicht befolgt, und ist daher ab und zu zu sehr hohen Werten gelangt, die im Grunde nichts anderes beweisen, als dass ein Schornstein in der Nähe war, der stark rauchte, — eine Tatsache, die man auch mit blossem Auge feststellen kann.

Dadurch, dass man also die Nähe jeglicher rauchender Kamine meiden muss, wird die Anzahl der zur Sammlung

des Russes dienenden Orte bereits sehr beschränkt. Man ist vornehmlich auf freie Plätze angewiesen.

Heim ist in seiner Arbeit von der Idee ausgegangen, dass man in verschiedenen Stadtteilen Proben sammeln müsse. Dies hat wohl manches für sich, und doch kommt man m. E. gerade auf diese Weise doch nicht zu richtigen Zahlen. Wenn man an 4 verschiedenen Punkten der Peripherie der Stadt, im Norden, Süden, Osten und Westen untersucht, und schliesslich auch im Centrum, dann giebt der aus den Untersuchungen resultierende Durchschnittswert mehr die Verhältnisse an der Peripherie an, als die im Innern der Stadt herrschenden. Nun liesse sich dieser Uebelstand ja dadurch vermeiden, dass man auf jede Untersuchung in der Peripherie eine im Centrum ausführen würde, aber die Resultate, die man in den Aussenquartieren einer Stadt erhält, sind überhaupt sehr schwankend und unsicher. Es ist ja leicht verständlich, dass bei Ostwind eine Untersuchung im Osten einer Stadt nur wenig Russ liefern kann, da der Wind den ganzen Rauch nach Westen treibt. Da man nun aber kaum gleichzeitig an allen 4 Himmelsrichtungen den Russ sammeln kann, ist es besser, von diesen Untersuchungen der Aussenbezirke ganz abzusehen. Dieser Vorschlag hat umsomehr Berechtigung, als ja in den meisten Städten wenigstens am Tage das Gros der Bevölkerung sich im Centrum ansammelt, weil das Geschäftsleben dort concentriert ist. Wenn man also die Verhältnisse dort bestimmt, bekommt man einen Massstab der Luftverunreinigung, unter der die Mehrzahl der Bevölkerung zu leiden hat.[1]) Und ausgehend von der Idee, dass für die Rauchplage einer

1) Speziell in sehr grossen Städten ist es fast unmöglich, die Verhältnisse der Stadtperipherie zu berücksichtigen. Man bedenke, wie weit sich bei einer Stadt wie Berlin die Vororte hinausziehen. Man kann m. E. in den Luftverhältnissen, wie sie sich etwa in Wilmersdorf finden, nichts für Berlin Charakteristisches erblicken, und aus dem Russgehalt in Wandsbeck nicht auf Hamburgs Verhältnisse Rückschlüsse machen. Deshalb muss man sich auf die Verhältnisse des Stadtinnern beschränken.

Stadt es am charakteristischsten sei, zu wissen, bis zu welchem Grade die diffuse Luftverunreinigung anzuwachsen imstande ist, glaube ich, dass man den Punkt zur Untersuchung wählen müsse, der voraussichtlich den höchsten Russgehalt der Luft aufweist, jedoch ohne dass dabei irgend eine lokale Rauchbelästigung im Spiele ist.

Diesen Punkt des voraussichtlichen maximalen (diffusen) Rauchgehaltes kann man nun ungefähr berechnen, da er nur von 2 Faktoren abhängig ist, nämlich von der vorherrschenden Windrichtung und von der Bauanlage der Stadt. Unter Berücksichtigung dieser Faktoren wird man also einen Punkt wählen, der, wie ein Blick auf den Stadtplan zeigt, am meisten Russgehalt aufweisen muss, weil der Wind, bevor er dorthin gelangt, schon am meisten Rauchquellen passiert hat. Die vorherrschende Windrichtung aber, und überhaupt die Häufigkeit der einzelnen Windrichtungen und ihr Verhältnis zu einander, ist in den einzelnen Jahreszeiten recht verschieden. Da man die Untersuchungen über die Rauchplage zumeist dann vornehmen wird, wenn sie am empfindlichsten ist, also im Winter, muss man die Windverhältnisse dieser Jahreszeit berücksichtigen. Nehmen wir nun an, A sei in Fig. 4 ein Stadtgebiet, und die vorherrschende Windrichtung sei SW, dann muss sich am Punkte NO am meisten Russ sammeln, weil der Wind dort die grösste Anzahl Rauchquellen passiert hat. Wäre SW-Wind die einzige in Betracht kommende Windrichtung, dann wäre also NO der gesuchte Ort des maximalen Russgehaltes. Da aber auch andere Winde wehen, so muss der gesuchte Ort mehr zum Centrum liegen, aber auf der Linie C-NO, wenn die anderen Windrichtungen annähernd untereinander gleich häufig sind. Man wird also einen zur Untersuchung geeigneten Ort dann finden, wenn man auf einem möglichst freien Platze, der zwischen dem Centrum und der Peripherie in entgegengesetzter Richtung zu der des vorherrschenden Windes liegt, den Russ sammelt. Auf diese Weise muss man den maximalen diffusen Russgehalt der Luft finden, also

eine Luftverderbnis, die nicht an allen anderen Punkten der Stadt in gleichem Masse vorhanden, die aber doch für die ganze Frage am bedeutungsvollsten ist.

Man kann in den meisten Städten diese Verhältnisse sich auch ziemlich vereinfachen, ohne grössere Fehler zu begehen, indem man am Rande des innern Stadtbezirkes, wie er sich in älteren Städten, die früher eine Stadtumwallung

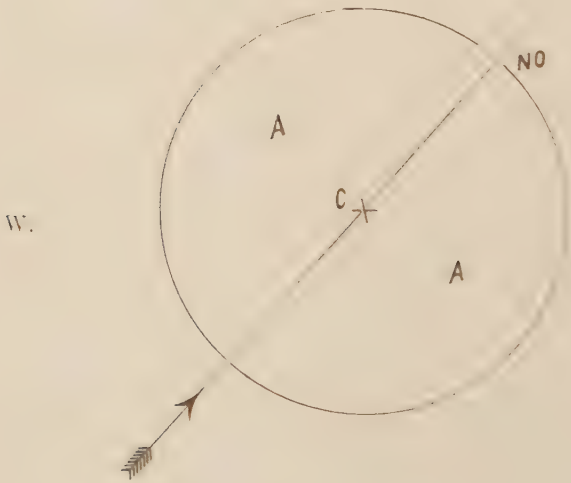


Fig. 4.

gehabt haben, stets findet, die Untersuchung anstellt, und zwar an der Stelle, die der vorherrschenden Windrichtung gerade entgegengesetzt liegt. Nur in wenigen Orten muss man m. E. von dieser Regel abgehen, so z. B. bei Städten die infolge irgendwelcher Umstände eine besondere Form des Stadtgebietes aufweisen.

Bei der Wahl des Standpunktes des Untersuchers ist noch die Frage von Bedeutung, in welcher Höhe sich die zum Sammeln der Russproben nötigen Apparate befinden sollen. Ich habe meine Untersuchungen mit Vorliebe in Dachhöhe angestellt, da zu ebener Erde die Luftströmungen und demgemäss auch die Russverteilung meist nicht so gleichmässige sind. Dies wird es insbesondere unmöglich machen, in Strassen einigermassen konstante Verhältnisse zu finden. Natürlich muss gerade hier die Nähe jeder Rauchquelle vermieden, also nur auf solchen Häusern untersucht werden, in denen nur Coks verwandt wird, und alle benachbarten Rauchquellen dürfen zum mindesten nicht in der vorherrschenden Windrichtung liegen.

Die Zeit, in der die Untersuchungen stattfinden sollen, ergiebt sich von selbst aus den Absichten des Untersuchenden. Da aber im Winter die Rauchplage sich am meisten bemerkbar macht, werden diese Untersuchungen zumeist im Dezember und Januar stattzufinden haben. Es ist ja leicht verständlich, dass infolge der im Winter besonders intensiven Beanspruchung der Zimmeröfen die Rauchplage um diese Zeit ihren höchsten Grad erreicht.

Die bei den Untersuchungen verwendeten Apparate sind sehr einfacher Natur. Auf einem Fusse, der zur Anbringung des Apparates dient, liegt eine kleine Platte, von der aus 4 dünne Streben ausgehen, die das Dach halten. Grundplatte und Dach werden durchbohrt durch eine drehbare Axe, die in der Mitte eine kleine Vorrichtung zum Halten einer Glasschale trägt. Oberhalb des Daches ist an der Axe die Windfahne befestigt, die gross genug ist, um auch bei leichtem Winde ein Hin- und Herspielen zu garantieren. Freilich ist eine genau wagerechte Aufstellung des Apparates Bedingung. Es mag befremdlich erscheinen, dass an dem Apparat eine Bedachung angebracht ist, da man annehmen könnte, dass sie einen Teil des Russes der sich auf der exponierten Schale niedersetzen könnte, abfängt. Diese Gefahr ist jedoch recht gering, da die Flugrichtung des Russes

infolge seines geringen Gewichtes fast stets eine sehr schräge ist, selbst bei nur mässiger Luftbewegung. Neben dieser vertikal exponierten Schale wird eine ebenso grosse horizontal gelagerte exponiert.

Die Methoden, die man anwenden kann, um den Russ, der sich in bestimmter Zeit auf den exponierten Schalen angesammelt hat, zu bestimmen, sind durch mehrere Umstände ziemlich beschränkt.

Zunächst kommt in Betracht, dass die Menge, die man in 12 oder 24 Stunden niedergeschlagen findet, meist eine so kleine ist, dass sie eine genaue chemische Wägung vereitelt. Sie wird nur nach Bruchteilen eines mgr. zu zählen sein. Aber wenn dem auch nicht so wäre, so würde doch eine einfache Wägung nur unzuverlässige Resultate geben, da der Russ in der Luft nicht der einzige feste Bestandteil ist, sondern auch alle die anderen Stoffe sich absetzen, die man gemeinhin als Staub bezeichnet. Und da gerade diesen Stoffen zumeist ein höheres Gewicht zukommt, als dem verhältnismässig so leichten Russ, ist auch aus diesem Grunde eine einfache Wägung der gesammelten Proben unmöglich. Es gibt nun keinerlei chemisches oder mechanisches Verfahren, um diese Stoffe vom Russ scharf zu trennen, besonders deshalb, weil sie fast alle, ebenso wie der Russ, so gut wie unlöslich sind. Gerade diese Schwierigkeiten sind die Ursache, dass bisher verhältnismässig wenige Untersucher den Russgehalt der Luft zu bestimmen versucht haben. Es ist eigentlich neben Rubner nur ein Autor Heim, der die Frage des Russnachweises ernstlich in Angriff genommen, und der ein bestimmtes Verfahren dazu angegeben hat.

Auch er sah ohne weiteres ein, dass eine einfache Wägung des abgesetzten Russes nicht möglich sei, da er zu sehr mit anderen Staubteilchen versetzt ist, die sich nicht in genügendem Masse von ihm trennen lassen. Heim verwandte deshalb den zweifellos richtigen Gedanken, dass mit keinem Mittel der Russ sich so scharf von den anderen Staubteilen unterscheiden lässt wie durch das Auge. Er versuchte daher

eine colorimetrische Bestimmung des Russes, aber da er damit nicht zum Ziele kam, musste er einen recht komplizierten Weg einschlagen. Seine Methode ist eine Verbindung einer mikroskopisch-volumetrischen Bestimmung mit einem gewichtsanalytischen Verfahren. Er trennt zunächst den Russ so gut wie möglich teils chemisch, teils auch mechanisch von den anderen Staubteilen und, da dies nur unvollkommen gelingt, schätzt er dann unter dem Mikroskop das Volumverhältnis des bei Trennung in dem Russ-Staubgemenge noch übrig gebliebenen Russes zu dem des Staubes und setzt das Resultat dieser Schätzung bei einer darauffolgenden Wägung ein.

Praktisch gestaltet sich sein Verfahren folgendermassen:

1. Auffangen des Russes in mit Wasser teilweise gefüllten Schalen.
2. Sammlung des Wassers und des niedergeschlagenen Russes aus den Schalen in Flaschen.
3. Entleeren in grosse Porzellanschalen, Entfernen grober Teile.
4. Kochen in 5% Kalilauge $^1/_2$ Stde.
5. Neutralisieren und in Säure $^1/_2$ Std. kochen.
6. Filtrieren und waschen, bis das Filtrat nicht mehr sauer abläuft.
7. Mikroskopierung des Rückstandes auf dem Filter und Angabe, wieviel Volumprozente auf dem Filter Russ sind, und wieviele auf andere Stoffe entfallen.
8. Entwässern des Rückstandes mit Spiritus und Aether, trocknen 1 Stde. lang bei 105—110°, im Exsiccator erkalten lassen und wiegen.
9. Von dem Gewicht den Prozentteil abziehen, der sich bei der Mikroskopierung nicht als Russ erwiesen hatte.

Man hat verschiedene Einwände gegen diese Heim'sche Methode geltend gemacht, vor allem aber den, dass sie ein subjektives Moment, nämlich die Schätzung des Verhältnisses des Rauches zu anderen Teilen in die Bestimmung hineinträgt.

Heim erblickt gerade in der mikroskopischen Bestimmung des Russes einen Vorzug seiner Methode, da es auf keine andere Weise gelinge, den Russ so gut nachzuweisen wie mit dem Mikroskop.

Es gibt in der Tat sicherlich kein Mittel, das so winzige Spuren von Russ noch deutlich erkennen liesse, als die Betrachtung, sei es mit unbewaffnetem Auge oder gar mit dem Mikroskop.

Aber dieser Russnachweis ist doch nur ein qualitativer, und es scheint mir um so mehr bedenklich, ihn bei einer quantitativen Bestimmung des Russes zu verwenden, als dabei eine Uebertragung von Volumverhältnissen auf Gewichtsbestimmungen stattfindet.

Nehmen wir an, dass bei einer mikroskopischen Betrachtung auf einem Filter bei der Heim'schen Methode 50% Russ und 50% andere Staubteile sich fanden, so bezieht sich das doch nur auf das sichtbare Volumen der Substanzen, die Gewichtsverhältnisse können ganz andere sein. Ja sie werden es sogar sicherlich sein, da der Russ unter den Staubbestandteilen einer der leichtesten ist, sodass bei dem oben angezogenen Beispiel die Gewichtsverhältnisse eher etwa wie 25% Russ zu 75% Staub sich verhalten mögen. Ich halte den auf diese Weise entstehenden Fehler für grösser, als den, der durch etwaige subjektive Fehlerquellen bei der Schätzung entstehen könnte.

Aber trotzdem scheint mir auch dieser Umstand in praxi nicht so bedeutend, dass er die Heim'sche Methode nicht anwendbar gestalten würde, und ich glaube auch, dass man mit ihr Resultate gewinnen kann, die dem tatsächlichen Gewicht der zu messenden Russmenge sehr nahe kommen mögen. Was aber ihre Anwendung sehr erschwert, ist ihre zu grosse Umständlichkeit und Langsamkeit. Ausserdem sahen wir, dass sie für unsere Zwecke deshalb kaum in Betracht kommen kann, da sich die Aussetzung einer senkrecht gestellten Schale als notwendig erwies und mit dieser Anforderung das Auffangen des Russes auf Wasser nicht zu vereinbaren ist.

Wir haben gesehen, dass die Russmengen, die aus der Luft sich niederschlagen, so kleine sind, dass ihr quantitativer Nachweis Schwierigkeiten bereitet, zumal da sie sich von anderen Staubteilchen nicht trennen lassen. Wir sahen auch, dass die Wage nicht imstande ist, so feine Unterschiede in der Russmenge nachzuweisen, wie das Auge, das äusserst geringe Spuren an ihrer intensiven Farbe bereits erkennt. Methoden, die sich auf das Farbunterscheidungsvermögen des menschlichen Auges zum Nachweis irgend einer Substanz bedienen, heissen colorimetrische Verfahren. Sie sind sowohl zur qualitativen wie auch zur quantitativen Bestimmung gewisser Substanzen zu verwenden. Es ist das naheliegendste für die Bestimmung des Russes, ein colorimetrisches Verfahren zu versuchen.

Für ein solches Vorgehen spricht:

1. die charakteristische und lebhafte Eigenfarbe des Russes, die ihm unter allen Staubteilchen fast allein zukommt.
2. Die Möglichkeit, die schwierige oder unmögliche Trennung von anderen Staubteilen zu vermeiden, (da ein colorimetrisches Verfahren durch sie nicht beeinflusst wirrd).
3. Die Möglichkeit, Russteilchen zu bestimmen, die unter der Grenze exakter Wägung liegen.
4. Die Einfachheit und Schnelligkeit eines solchen Verfahrens.

Ein Nachteil bei jeder Colorimetrie ist der Umstand, dass eine gewisse Abhängigkeit von subjektiven Momenten nicht zu umgehen ist, und ferner speziell in unserem Falle die Schwierigkeit, den Russ in irgend einer Flüssigkeit gleichmässig zu verteilen.

Gerade letzteres ist für ein colorimetrisches Verfahren von besonderer Bedeutung, da es darauf ankommt, welche Färbung die zu bestimmende Menge eines Stoffes einer gewissen Flüssigkeitsmenge verleiht. Das erste Bestreben bei der Ausarbeitung der colorimetrischen Methode muss also sein,

den Russ in irgend einer Flüssigkeit, wenn auch nicht zu lösen, so doch so fein zu verteilen, dass dadurch eine homogene Farbe der Russaufschwemmung erzielt wird. Heim hat mit verschiedenen Stoffen dieses Ziel zu erreichen gesucht. Er hat den Russ mit Xylol, Alkohol, Benzol und Wasser zusammengebracht und sich bestrebt, durch Schütteln mit feinem Quarzsand eine homogene Suspension zu erzielen. Er fand auch, dass die Farbe, die eine solche Russaufschwemmung liefert, der Menge des verwandten Russes genau proportional ist. 1 mgr Russ, in 10 cm Xylol, 2 mgr in 20 ccbm, 5 in 50 ergaben stets eine genau gleiche Farbe. Die notwendige Grundlage eines colorimetrischen Verfahrens ist also gegeben. Dennoch hat Heim seine colorimetrischen Versuche aufgegeben, wie er sagt, aus 2 Gründen.

1. Weil bei höherer Prozentuierung als 1 : 10000 die Erkennung von Farbenunterschieden immer schwieriger wird und
2. Weil es ihm nicht gelang, mit vorher unbekannten (später durch Wägung bestimmten Russmengen) ein annähernd richtiges Ergebnis aus den Abstufungen des Rauchgraues zu schätzen.

Auf den ersten Einwand gegen ein colorimetrisches Verfahren lässt sich nun einwenden, dass es ganz auf die Menge der zur Suspendierung des Russes verwandten Flüssigkeit ankommt, wieviel Russ man colorimetrisch noch nachzuweisen vermag. Je geringer die Flüssigkeitsmenge ist, die man verwendet, desto geringere Russmengen werden bereits eine intensive Schwärzung verursachen.

Der zweite Einwand Heims verliert seine Bedeutung vollkommen, wenn man bedenkt, dass eine Gewichtsbestimmung mit der Wage und eine colorimetrische Bestimmung bei gewöhnlichem Russ schlechterdings nicht übereinstimmende Resultate liefern können. Denn der Russ, stamme er aus Schornsteinen, von Petroleum oder Gaslampen, ist nie ein ganz einheitlicher Körper, er enthält stets einige Aschenbestandteile, die die schwarze Färbung des Kohlenstoffs nicht

besitzen, demgemäss colorimetrisch nicht mit bestimmt werden, bei der Wägung aber oft infolge eines relativen grösseren Gewichts als Russ nicht ohne Einfluss bleiben.

Die vollkommen exacte Bestimmung des Russes mit allen seinen Bestandteilen ist nun sicherlich ein Ding der Unmöglichkeit. Auch das Verfahren Heims leistet diese Forderung nicht. Es bleibt also nichts übrig, als sich auf eine Bestimmung des Kohlenstoffes im Russ zu beschränken, der ja bei weitem der Hauptbestandteil ist;[1]) schon was das Gewichtsverhältnis angeht, und in noch höherem Masse dem Volumen nach.

Auch kann der Russ, der in der Luft schwebt, äusserst verschieden zusammengesetzt sein. Schon durch die Art und Weise der Verbrennung kann ein Einfluss auf die Russbeschaffenheit ausgeübt werden, von noch höherer Bedeutung ist die Art der verwendeten Kohle. Es ist bekannt, dass speziell bei der Braunkohlenfeuerung in den Verbrennungsprodukten sich viel Flugasche beimischt, die einen erheblich von gewöhnlichem Russ abweichenden Charakter aufweist.

Wenn sich auf diese Weise die Bedenken Heims gegen ein colorimetrisches Verfahren auch entkräften lassen, so kann doch kein Zweifel darüber bestehen, dass das colorimetrische Verfahren kein absolut genaues ist.

Ein solches ist aber bei den rein praktischen Zwecken, die der Russnachweis verfolgt, auch gänzlich überflüssig, es kann sich nur darum handeln, eine für praktische Zwecke geeignete Methode anzuwenden, die es erlaubt, mit einfachen Mitteln und möglichst mühelos den Grad einer Rauchplage zu bestimmen und bei Untersuchungen an verschiedenen Orten vergleichbare Resultate zu liefern.

---

1) Heim fand bei der Verbrennung von 0,0722 gr Schornsteinruss folgende Werte:

Anorg. Rückstand	— 15,51%
C.	81,44%
H.	2.35%

In Volumprozenten — und auf diese kommt es ja eigentlich an — stellt sich das Verhältnis noch bedeutend günstiger für den C.

Am einfachsten gestaltet sich ein colorimetrisches Verfahren, wenn man die aufgefangene Russmenge nach ihrer Verarbeitung mittelst einer Vergleichsskala, die genau bekannte Russmengen enthält, bestimmen kann. Die Frage ist aber, womit man eine derartige Skala herstellen soll. Da es sich um die Bestimmung von Schornsteinruss handelt, würde es nahe liegen, diesen als Vergleichsobjekt zu benützen. Aber dem widerstreitet seine variable Zusammensetzung und seine häufige Verunreinigung insbesondere durch Asche. Und da nach dem bereits Gesagten es bei dem colorimetrischen Verfahren nur darauf ankommen kann, die schwarz färbenden Bestandteile des Russes, also den Kohlenstoff- (und eventl. auch Teerdämpfe, die er enthält) zu bestimmen, erscheint es am besten, möglichst reinen Russ mit hohem Kohlenstoffgehalt zur Herstellung der Skala zu verwenden. Als solcher empfiehlt sich besonders der durch Verbrennen von chemisch reinem Naphtalin gewonnene.

Von Wichtigkeit ist es nun, dass man die Skala mit der gleichen Flüssigkeit herstellt, in der man später den Russ zu bestimmen gedenkt. Von vornherein muss man darauf verzichten, ein Lösungsmittel für den Russ zu finden, da er überhaupt so gut wie unlöslich ist. Es bleibt also nur übrig, ihn fein zu suspendieren, und es ist daher von besonderer Wichtigkeit, eine Flüssigkeit zu finden, die eine möglichst homogene Suspension ermöglicht. Heim hat Xylol, Benzol oder Alkohol zweckmässig gefunden, doch erfüllen sie m. E. bei weitem nicht die Anforderungen, die man an ein Suspensionsmittel stellen müsste. Am besten schien es mir, einen Stoff zu verwenden, in dem man auch in praxi den Russ zu verreiben pflegt. Er findet ja eine sehr ausgedehnte Anwendung, die vor allem auf seiner intensiv schwarzen Farbe beruht. Er wird als Anstreichfarbe, zur Bereitung von Tusche, und als Druckerschwärze verwendet, und dazu in Oel, Leim- und Zuckerlösungen verrieben. In der Tat ist die Suspension, die man mit solchen Mitteln erhält, viel leichter zu erzielen und viel feiner, da der Russ

von diesen Substanzen bedeutend besser benetzt wird. Am leichtesten gelingt eine Oelsuspension, und ich habe daher diesen Stoff verwendet, und ihn nicht nur zur Anfertigung der Skala, und zur Verarbeitung des gesammelten Russes verwendet, sondern auch die exponierten Schalen damit bestrichen. Mit einem Pinsel lässt sich leicht eine feine Oelschicht auf die Schalen auftragen, die recht geeignet ist, die auf sie sich niedersetzenden Partikelchen festzuhalten. Am besten ist es, ganz wasserklares Oel zu benutzen, wie es zu verschiedenen Zwecken im Handel käuflich ist, aus dem Grunde, weil ein Oel mit Eigenfarbe leichter einen Einfluss auf die Farbe der Russsuspension haben kann. Ich habe anfangs den Russ von den Schalen mit reinem Oel entfernt, und ihn direkt in ein Colorimeterröhrchen gebracht, wo er mit Glasperlen geschüttelt zu einer feinen Verreibung gebracht wurde. Da die dabei zur Verfügung stehende Oelmenge nur eine begrenzte sein konnte, habe ich später ein etwas anderes Verfahren angewendet. Die feine, auf den Glasschalen befindliche, mit Russ und Staub durchsetzte Oelschicht wurde mit Aether entfernt, und in einen Mörser gebracht. Nach dem Verdunsten des Aethers wurde mit recht wenig Oel eine möglichst feine Verreibung des Russes erzielt, dann bis auf eine bestimmte Flüssigkeitsmenge nachgefüllt, und erst diese Verreibung in das Colorimeterröhrchen gebracht. Besondere Sorgfalt beansprucht die Herstellung der Vergleichsskala. Eine bestimmte Menge reinsten, bei 100^0 getrockneten Naphtalinrusses, wurde gewogen, und mit Oel im Mörser fein verrieben. Die Verdünnungen wurden so angestellt, dass die Skala von $^1/_{10}$ mgr bis zu $^5/_{10}$ mgr reicht. Während das erste Röhrchen kaum eine schwarze Verfärbung erkennen lässt, ist das letzte ganz intensiv schwarz gefärbt, und die Unterschiede bei den einzelnen Gläsern, die je um $^1/_{10}$ mgr von einander differieren, sind überaus deutliche und ohne Uebung erkennbar. Für gewöhnliche Zwecke reicht man bei einem einigermassen starken Russgehalt der Luft mit dieser Vergleichsskala aus. Indem

man die Flüssigkeitsmenge, die man zur Suspension verwendet; vermindert (bis zu $1^1/_2$ oder 1 cm), kann man auf diese Weise noch Mengen von $^1/_{25}$ mgr nachweisen, und indem man den Russ in grössere Mengen Oel verteilt, auch grössere Werte bestimmen. Bedingung ist natürlich, dass man bei der Untersuchung stets gleichweite Röhrchen verwendet, mir haben sich graduierte 1 cm weite Colorimeterröhrchen mit Glasstöpsel und flachem Boden am besten bewährt.[1])

Von Einfluss auf die Farbe ist in geringerem Grade wohl auch die Beleuchtung. Man kann die Röhrchen entweder hinter einer Mattglasscheibe oder bei gewöhnlichem diffusen Tageslicht am Fenster betrachten.

Der Russ setzt sich auch in Oel nach einiger Zeit ab, darum empfiehlt es sich, den Skalenröhrchen und auch im Freien gewonnenen Proben, die man aufzuheben gedenkt, entweder etwas Quarzsand oder feine Glasperlen zuzusetzen, um später ein Aufschütteln zu erleichtern. Unbedingt notwendig ist dies aber nicht.

Sobald man sich eine Skala aus reinstem Naphtalinruss hergestellt hat, gestaltet sich also der Nachweis der auf den Schalen aufgefangenen Russmengen kurz folgendermassen:

1. Abspülen der Russölschicht mit Aether in einen Mörser hinein.

---

1) Die Tatsache, dass die zu beobachtende schwarze Verfärbung durch den Russ proportional der Dicke der durchleuchteten Flüssigkeitsschicht ist, ermöglicht es — obwohl dies kaum jemals praktisch von Bedeutung sein wird —, noch geringere Russmengen nachzuweisen, indem man die Betrachtung der Colorimeterröhrchen nicht seitwärts, sondern von oben vornimmt, also die ganze Höhe der Flüssigkeitsmenge durchschaut. Dann nimmt der obere Flüssigkeitsspiegel eine mehr oder minder schwarze Verfärbung an, die dem Russgehalt proportional ist. Auf diese Weise kann man — freilich nicht ohne vorherige Einübung — noch Russmengen von $^1/_{100}$ mgr unterscheiden. Zum Nachweise ist natürlich noch eine weitere Skala nötig, die von $^1{}_{100}$ mgr bis zu $^5{}_{100}$ mgr geht und bei der die Differenz in den einzelnen Rökrchen je $^1{}_{100}$ mgr beträgt.

2. Verjagen des Aethers im Trockenschrank, Zusatz von $^1/_2$ ccm Oel und Herstellung einer möglichst feinen Suspension.
3. Zufügen einer bestimmten Menge Oel, sodass eine schwarze Farbe bestehen bleibt. Vermischen und Einfüllen des Ganzen oder eines Teiles in ein Colorimeterröhrchen und Vergleichen mit den Skalenröhrchen.
4. Berechnen auf 5 ccm Oel und die gefundene Russmenge mit 100 multiplizieren. (Uebertragung von 100 qcm auf 1 qm.)[1])

Von besonderem Interesse ist nun die Frage, mit welcher Genauigkeit man auf diese Weise den Russ bestimmt. Nach meinen Erfahrungen und Versuchen übersteigen die Fehler nicht die Grenze von 0,05 mgr. Natürlich kommt viel auf die Genauigkeit und Sorgfalt an, mit der man den Russ verreibt und die Farbe prüft. Man könnte wohl einwenden, dass eine derartige Genauigkeit nicht genügt, da zum Beispiel bei der Bestimmung von 0,2 mgr Russ eine Fehlerquelle von 0,05 mgr ein um 25 % abweichendes Resultat ergiebt. Demgegenüber aber ist schon wiederholentlich darauf hingewiesen worden, dass es eine absolut exakte Russbestimmung wohl überhaupt nicht geben kann, und dass es auf den Nachweis so geringer Russmengen auch nicht ankommt, da doch nur eine grössere Versuchsreihe über die Luftverhältnisse an einem Orte Auskunft geben kann, und dabei Fehler nach der einen oder anderen Seite sich ausgleichen müssen.

Einige Untersuchungsresultate, wie sie sich bei Versuchen in Hamburg ergaben, zeigt die Tabelle (am Ende).

Zu ihrer Erläuterung ist hinzuzufügen, dass die auf 100 qcm gefundene Russmenge auf einen (idealen) QM. u. auf 24 Stunden umgerechnet worden ist. Eine besondere

1) Auf diese Weise vermag man eine Russbestimmung, wenn man das Verjagen des Aethers im Trockenschrank nicht mit rechnet, in etwa 10 Minuten auszuführen.

Rubrik nehmen die Witterungsverhältnisse ein, von denen ein Einfluss auf den Russgehalt anzunehmen war.

Auch bei lokaler Rauchbelästigung bietet eine Russnachweismethode die Möglichkeit einer zahlenmässigen Bestimmung. Natürlich hat ein solcher Nachweis nur dann Wert, wenn bei einer Belästigung der Russ wirklich als störender Bestandteil des zugeführten Rauches auftritt.

Gegenüber den Schwierigkeiten, welche die Bestimmung einer diffusen Rauchplage, wie wir sahen, bietet, gestaltet sich ein Versuch, eine lokale Rauchbelästigung nachzuweisen, verhältnismässig einfach.

Der Hauptfaktor, der bei der Bestimmung berücksichtigt werden muss, ist die Windrichtung. Man findet oft, dass eine Wohnung verhältnismässig nahe an einer Rauchquelle gelegen sein kann, ohne viel unter Rauch und Russ zu leiden, wenn nur die Richtung der vorherrschenden Luftströmung vermieden wird. Daraus ergiebt sich als erste Aufgabe, sich über die Windverhältnisse an einem Orte, die je nach den Jahreszeiten verschieden sind, zu orientieren.

Weiterhin sind von Bedeutung die allgemeinen Rauchverhältnisse, die an dem betreffenden Platze herrschen. Wenn an einem Punkte auch ohnehin schon viel Rauch und Russ sich in der Luft befindet, kann eine bestimmte Rauchquelle nicht für den ganzen Schaden haftbar gemacht werden. Dieser Umstand kann leicht berücksichtigt werden, wenn man eine Untersuchung anstellt, zu einer Zeit, in der der schadenstiftende Schornstein nicht raucht. Die Bestimmung der Russmengen, die der Wohnung zugeführt werden, vollzieht sich im Übrigen sehr einfach.

Am Fenster wird eine horizontale und eine vertikale[1]) Schale von 100 qcm Grösse ausgesetzt, und nach einer bestimmten Stundenzahl die abgelagerte Russmenge bestimmt. Besteht nun die Annahme, dass an der betreffenden Stelle ein stärkerer diffuser Gehalt der Luft an Russ besteht, oder

1) Die vertikale Schale braucht hierbei nicht drehbar zu sein, da ja nur eine Windrichtung in Betracht kommt.

auch andere Rauchquellen ihren dorthin entsenden, dann muss noch eine Rauchbestimmung vorgenommen werden, wenn der beschuldigte Schornstein nicht raucht. Durch eine derart angestellte Untersuchung wird man zu einem sicheren Urteil über die an einem Punkte herrschenden Russverhältnisse kommen.

Zum Schlusse noch einige Bemerkungen über die Anwendbarkeit der geschilderten Methode. Es giebt zweifellos zwei Umstände, die geeignet sind, die Resultate dieses Verfahrens ungünstig zu beeinflussen, nämlich 1. das Vorhandensein von viel Staub (neben dem Russ) in der Luft, und 2. das Vorkommen von Flugasche. In Städten, in denen die Staubplage die erste Rolle spielt, wird ein colorimetrischer Nachweis des Russes in der geschilderten Weise überaus häufig auf Schwierigkeiten stossen, da der Staub in Oel aufgeschwemmt, eine graue Trübung erzeugt, die die Erkennung der durch Russ bewirkten Schwärzung sehr erschwert. Das gleiche gilt für die Flugasche, die sich namentlich bei der Verbrennung von Braunkohle in erheblichem Grade zu bilden und dem Rauch beizumengen pflegt. Doch bilden die beiden genannten Faktoren deshalb wohl keine so sehr erhebliche Beeinträchtigung, da die Flugaschenplage auch vom hygienischen Standpunkt als etwas Eigenartiges angesehen werden muss, und der Staub in den Städten und in der Jahreszeit, in der der Russ vorherrscht, meist sehr erheblich an Bedeutung zurücktritt. Die eigentliche Russplage ist ja in ganz besonderem Grade von meteorologischen Faktoren abhängig, unter denen die Feuchtigkeit des Klimas die Hauptrolle spielt.

Die Mengen der in Hamburg im Dezember und Januar 1903/1904 beobachteten Aussedimentierung von Russ aus der Luft.

Versuchs-Nummer	Datum	Wetter im allgemeinen	Niederschläge in mm	Feuchtigkeit in %	Durchschnittliche Windstärke *)	Haupt-Windrichtung	Ort des Auffangens	Benachbarte Rauchquellen	Stellung der Auffangfläche	Drehend oder nicht?	Schutzdach gegen Niederschläge	Grösse der exponierten Schale	Dauer der Exposition	Resultat: berechnet auf 1 Q.-M. nach 24 Stdn.	Bemerkungen:
1.	18. XII. 03	trübe	—	87%	2	ESE	Dach d. Institutes	keine	horizontal	nein	ohne	254,3 qcm	24 Stdn.	23,59 mgr	
2.	„ „ „	„	—	„	„	„	„	„	„	„	„	132,7 „	„ „	18,85 „	
3.	„ „ „	„	—	„	„	„	„	„	„	„	„	254,4 „	„ „	23,59 „	
4.	19. „ „	„	0,1	89%	1	ENE	„	„	„	„	„	105,6 „	„ „	18,94 „	
5.	„ „ „	„	0,1	„	„	„	„	„	„	„	„	185,3 „	„ „	16,14 „	
6.	28. „ „	gut	—	75%	2	E	„	„	vertikal m. Wind	„	„	73,8 „	„ „	6,8 „	
7.	„ „ „	„	—	„	„	„	„	„	vertikal gegen Wind	„	„	73,8 „	„ „	13,54 „	
8.	„ „ „	„	—	„	„	„	„	„	horizontal	„	„	102 „	„ „	9,8 „	Bewölkung 10 Dunst
9.	30. „ „	„	—	94%	0	Windstille	„	„	vertikal gegen Wind	„	„	75,5 „	„ „	39,69 „	
10.	„ „ „	„	—	„	„	„	„	„	vertikal m. Wind	„	„	„ „	„ „	6,6 „	
11.	5.— 6. I. 04	„	—	80%	1	ENE	„	„	horizontal	„	„	„ „	25 „	3,3 „	
12.	6.— 7. „ „	„	—	86%	1	E	„	„	„	„	„	78,5 „	23 „	9,1 „	
13.	7.— 8. „ „	schlecht (Schnee)	1,1	98%	3	S	„	„	„	„	ohne	„ „	24 „	57,3 „	
14.	9.—11. „ „	„	1,0	90%	„	SSW	„	„	vertikal	drehbar	mit	„ „	26 „	46,72 „	
15.	9.—11. „ „	„	„	„	„	„	Freihafen Filiale	„	horizontal	nein	ohne	„ „	48 „	63,7 „	
16.	9.—11. „ „	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„	„ „	„ „	28,66 „	
17.	22. „ „	gut	—	100%	1	W	Dach d. Institutes	„	„	„	„	81,6 „	7 „	15,87 „	
18.	15. „ „	windig	1,6	86%	8	WSW	„	„	vertikal	drehend	mit	78,5 „	1 Std. 40 Min.	183,45 „	Wind vom Hafen her sehr heftig
19.	22.—23. „ „	gut	—	96%	1	W	„	„	horizontal	nein	ohne	„ „	29 Stdn.	35,29 „	
20.	23.—24. „ „	mässig	—	92%	2	WSW	„	„	„	„	„	„ „	$18^1/_2$ „	4,8 „	
21.	23.—24. „ „	„	—	„	2	„	„	„	vertikal	drehend	mit	„ „	$18^1/_2$ „	12,0 „	
22.	24.—26. „ „	„	—	94%	1	S	„	„	horizontal	nein	ohne	„ „	53 „	20,14 „	
23.	23.— 27. „ „	„	—	„	2	„	Freihafen Filiale	„	„	„	„	75,4 „	96 „	298,7 „	
24.	24.— 25. „ „	„	—	„	1	„	Dach d. Institutes	„	vertikal	drehend	mit	78,5 „	24 „	76,4 „	
25.	24.—25. „ „	„	—	„	1	„	„	„	horizontal	nein	ohne	„ „	24 „	19,11 „	
26.	27.—28. „ „	„	—	75%	2	SE	„	„	vertikal	drehend	mit	81,6 „	$14^3/_4$ „	69,6 „	
27.	27.—28. „ „	„	—	„	2	„	„	„	horizontal	nein	ohne	„ „	$14^3/_4$ „	13,9 „	
28.	28.—29. „ „	schlecht	—	„	2	S	Rathaus	einzelne Hausschornsteine	„	„	„	78,5 „	$20^3/_4$ „	14,64 „	78 m Höhe Osten
29.	28.—29. „ „	„	—	„	2	„	„	„	„	„	„	81,6 „	„ „	45,6 „	60 m Höhe NO
30.	28.—29. „ „	„	—	„	2	„	„	„	„	„	„	81,6 „	„ „	26,0 „	50 m Höhe Osten
31.	28.—29. „ „	„	—	„	2	„	„	„	„	„	„	78,5 „	„ „	65,88 „	30 m Höhe Osten
32.	28.—29. „ „	„	—	„	2	„	„	„	„	„	„	81,6 „	„ „	39,0 „	15 m Höhe Osten

*) Nach der Beaufortskala.